В І Д Г У К

офіційного опонента **Якима Романа Степановича**

на дисертаційну роботу **Рачкевича Руслана Володимировича**

«РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОЛОН БУРИЛЬНИХ І НАСОСНО-КОМПРЕСОРНИХ ТРУБ НА ДІЛЯНКАХ СВЕРДЛОВИН ІЗ ГЕОМЕТРИЧНИМИ НЕДОСКОНАЛОСТЯМИ»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості

Ступінь актуальності обраної теми

На даний час спостерігається чітка тенденція до збільшення обсягів спорудження та експлуатації похило-скерованих і горизонтальних свердловин. При цьому обладнання, що працює за таких умов, зазнає суттєвих додаткових навантажень. Ситуацію також ускладнюють і так звані геометричні недосконалості свердловин у вигляді жолобів, каверн і локальних перегинів їх осей. В сукупності всі ці чинники спричиняють значні повздовжні та поперечні деформації колон бурильних і насосно-компресорних труб, тим самим порушуючи їх працездатність.

Дана проблема постала перед науковцями вже давно. Існують декілька шляхів її вирішення, серед яких можна виділити оцінку напружено-деформованого стану з подальшим прогнозуванням втомної довговічності колон бурильних і насосно-компресорних труб. Це уможливить обґрунтовано визначити тривалість експлуатації до руйнування елементів згаданих колон тим самим запобігаючи втраті стану, при якому вони спроможні виконувати свої функції належним чином.

Критичний аналіз результатів попередніх досліджень дозволив дисертанту виділити завдання, які потребують подальшого розвитку та полягають у врахуванні впливу додаткових чинників на втомну довговічність колон бурильних та насосно-компресорних труб. Поміж таких порушення цілісності стінок свердловин, просторова довільна форма їх осі, локальний та складний напружений стан.

Наведені в дисертації теми науково-дослідних робіт відповідно до планів, в рамках яких виконувалося дисертаційне дослідження, підтверджують актуальність і практичне значення роботи.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій Рачкевича Р. В. зумовлена проведеним порівняльним аналізом

літературних джерел, які включають більше двохсот найменувань за темою дисертації, коректністю постановки й вирішення завдань дослідження, використання апробованих методів опору матеріалів, механіки стрижнів, критеріїв втомної міцності, кінетичної теорії втоми та тензометрії, а також результатами лабораторних і промислових експериментів й коректно сформульованими практичними рекомендаціями, які підтверджуються запровадженими у виробництво інструкцією і методикою та актами промислової апробації розробленого пристрою.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

– набули подальшого розвитку математична модель та методи оцінки напружено-деформованого стану бурильних колон, які експлуатуються як у прямолінійних так і у криволінійних ділянках свердловин із жолобами чи кавернами або горизонтальних ділянках значної довжини. В результаті отримано змогу проводити розрахунки враховуючи: дію осьових зусиль; можливість контакту колони із протилежними стінками стовбура свердловини за довільної кількості реакцій, які при цьому виникають; необхідну кількість ділянок колони із різними геометрично-ваговими характеристиками;

– вперше запропоновано використовувати положення механіки стрижнів для оцінки напружено-деформованого стану колон бурильних і насосно-компресорних труб, що дало можливість визначати функцію їх пружної осі, напруження в поперечному перерізі, реакції зі стінкою свердловини із віссю довільної просторової кривини;

– отримав подальший розвиток С-критерій руйнування шляхом використання в розрахунках локального напруження безпосередньо перед фронтом втомної тріщини. Це дало можливість підвищити точність прогнозування втомної довговічності елементів бурильних і насосно-компресорних труб;

– вперше обґрунтовано можливість використання еквівалентного напруження у трипараметричному рівнянні кривої втоми, що дало можливість прогнозувати втомну довговічність бурильних і насосно-компресорних труб за умови виникнення в їх поперечному перерізі як нормальних так і дотичних напружень;

– встановлено, що вплив на втомну довговічність процесу навантажування, який отримується шляхом накладання випадкових осьової сили та згинального моменту не еквівалентний сумі впливів кожного із зазначених навантажень зокрема.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Наукові положення та отримані автором теоретичні й практичні результати в повному обсязі відображені в опублікованих працях і апробовані на міжнародних науково-практичних конференціях і симпозіумах.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 30 робіт, з яких 21 у фахових українських та закордонних виданнях, а також виданнях, що занесені до наукометричних баз; 2 – патенти України; 7 – у збірниках праць та тез міжнародних конференцій.

Внесок дисертанта у публікаціях, написаних у співавторстві, є визначальним, результати роботи не суперечать загальноприйнятим та відомим твердженням інших науковців.

Оцінка структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Рачкевича Р.В. складається із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків.

У вступі наведено загальну характеристику дисертаційної роботи, сформульовано її мету та основні завдання досліджень. Викладено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів, наведені відомості про особистий внесок здобувача й апробацію результатів дисертації.

Перший розділ роботи присвячено аналізу аварійності із колонами бурильних і насосно-компресорних труб. Зазначено, що рівень їх відмов залишається високим, а це свідчить про необхідність продовження досліджень спрямованих на забезпечення працездатності колон бурильних і насосно-компресорних труб. Враховуючи те, що властивість об'єкта зберігати працездатність називається довговічністю, дисертантом проведено критичний огляд наукових праць присвячених оцінці напружено-деформованого стану та прогнозуванню втомної довговічності елементів бурильних і насосно-компресорних труб. Встановлено, що потребують подальшого розвитку та розроблення математичні моделі та методи, спрямовані на врахування впливу геометричних недосконалостей похило скерованих і горизонтальних свердловин та складного напруженого стану на ресурс елементів згаданих колон. В кінці розділу наведено висновки, на основі яких сформульовано мету та завдання для її досягнення.

У другому розділі дисертації наводяться методичні основи й конструкції обладнання для проведення експериментів. Зокрема розроблено критерії подібності та лабораторний стенд для дослідження напружено-деформованого стану моделей колон бурильних або насосно-компресорних труб у просторово викривлених ділянках свердловин, геометричні параметри яких задаються згідно з результатами промислової інклінометрії та профілеметрії. Наведено конструкцію

пристрою для дослідження навантажень, яких зазнає бурильна колона під час експлуатації. Розроблено методику оброблення його показів із метою отримання значення згинального моменту в поперечному перерізі. Також запропоновано конструкцію та виготовлено зразок силової головки, що призначена для реалізації блокового навантаження без зупинки випробувань при переході між його рівнями при дослідженні втоми елементів бурильних і насосно-компресорних труб.

Третій розділ присвячено розробленню математичних моделей, які лежать в основі методів оцінки напружено-деформованого стану колон бурильних і насосно-компресорних труб. Зокрема запропоновано узагальнену математичну модель, яка дозволяє здійснювати розрахунки при необмеженій кількості ділянок колони із різними геометрично-ваговими характеристиками та будь-якому числі реакцій зі стінкою свердловини. На основі даної моделі розроблено методи для визначення деформацій і напружень, що виникають у бурильних трубах при їх експлуатації у місцях каверно- та жолобоутворення, а також у горизонтальних ділянках свердловин. Також, на основі механіки стрижнів, розроблено математичну модель, яку використано для розроблення методів оцінки напружено-деформованого стану колон бурильних або насосно-компресорних труб, які експлуатуються у ділянках свердловин із довільною просторовою кривиною та орієнтацією.

У четвертому розділі наведено метод для визначення деформацій, напружень і реакцій, що виникають при взаємодії бурильної колони із стінкою свердловини в місці утворення жолоба чи каверни. Обчислення можна здійснювати як для прямолінійних ділянок із довільним зенітним кутом, так і криволінійних ділянок як при збільшенні так і при зменшенні зенітного кута. При цьому враховується величина осьової сили, що діє на бурильну колону. Також запропоновано метод оцінки напружено-деформованого стану бурильної колони, яка стискається в горизонтальному стовбурі свердловини, із можливістю оцінки сили опору переміщенню труб у свердловині.

П'ятий розділ дисертації відображає метод оцінки напружено-деформованого стану бурильної колони у місці локального перегину свердловини. Запропонований підхід дає можливість визначати форму пружної осі, нормальні та дотичні напруження в її поперечному перерізі й реакції зі стінкою свердловини. При цьому інтенсивність зміни як зенітного так і азимутального кутів у місці локального перегину може бути довільною. Також запропоновано метод визначення деформацій і напружень, які виникають у насосно-компресорних трубах при їх експлуатації у просторово викривлених ділянках свердловин. Додатково у даному розділі наведено результати лабораторної та промислової апробації розроблених теоретичних методів.

У шостому розділі роботи наведено математичні моделі та методи для прогнозування втомної довговічності елементів бурильних і насосно-компресорних труб. Зокрема отримав подальший розвиток С-критерій руйнування

шляхом використання під час розрахунків нормального напруження безпосередньо перед втомною тріщиною, що є причиною руйнування. Це дало можливість покращити точність прогнозування втомної довговічності різьбових з'єднань трубних колон, що розглядаються. Також використано в якості одного із аргументів трипараметричного рівняння кривої втоми еквівалентне напруження. Внаслідок чого отримано можливість прогнозувати втомну довговічність бурильних або насосно-компресорних труб враховуючи як нормальні так і дотичні напруження в їх поперечному перерізі.

Завершують дисертаційну роботу загальні висновки, список використаних посилань і додатки, які містять фотокопії інструкції із забезпечення надійності та методики прогнозування довговічності бурильної колони, патентів на корисну модель і винахід, а також акт промислового впровадження розробленого в роботі пристрою.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У математичній моделі, яка представлена у підрозділі 3.2, передбачається перевірка наявності чи відсутності контакту між колоною та стінкою свердловини в околі точки інклінометрії. Варто би було здійснювати таку перевірку і в проміжних точках осі свердловини.

2. У підрозділі 5.4 наводиться метод оцінки напружено-деформованого стану компонування низу бурильної колони у прямолінійному нахиленому стовбурі свердловини. Варто би було розробити аналогічний метод, але для криволінійного стовбура свердловини.

3. Дисертантом здійснено експериментальну перевірку теоретичних досліджень за допомогою лабораторного стенду на основі вихідних даних отриманих із свердловини № 10 Одеського родовища. Цей же теоретичний метод апробовано за допомогою промислового експерименту, але вже на свердловині Орховичі № 31. Краще, якби все це було проведено опираючись на вихідні дані із однієї свердловини.

4. У назві підрозділу 6.1 міститься словосполучення «… в різьбових з'єднаннях трубних колон». Із контексту дисертаційної роботи випливає, що мова ідеться про бурильні та насосно-компресорні труби. Втім, перевірка розробленого методу здійснюється на різьбовому з'єднанні тільки бурильних труб.

5. У підрозділі 6.3 відображено процес зміни нормальних напружень від згину. Втім, відсутні будь-які проміжні результати розрахунків на кшталт тих, які, наприклад, подано у розділі 5.

6. В тексті дисертаційної роботи подекуди зустрічаються невдалі звороти, тавтологія та описки.

В той же час необхідно зауважити, що зазначені зауваження не мають принципового характеру, не знижують високого наукового рівня дисертації, а спрямовані тільки на її покращання і доповнення.

Висновок по дисертаційній роботі в цілому

Дисертація Рачкевича Р.В. «Розвиток наукових основ забезпечення працездатності колон бурильних і насосно-компресорних труб на ділянках свердловин із геометричними недосконалостями» є завершеною науковою працею. Матеріал викладено українською мовою, робота добре ілюстрована та оформлена відповідно до вимог Державного стандарту України та вимог атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України.

Тема та зміст дисертаційної роботи цілком відповідає спеціальності 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості, за якою вона подана до захисту.

Автореферат дисертації лаконічно та в повному обсязі відображає основний зміст, положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Рачкевича Р.В. є науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну науково-прикладну проблему забезпечення працездатності колон бурильних і насосно-компресорних труб під час їх експлуатації у похило-скерованих і горизонтальних свердловинах із геометричними недосконалостями у вигляді жолобів, каверн і локальних перегинів стовбура.

Вважаю, що дисертаційна робота «Розвиток наукових основ забезпечення працездатності колон бурильних і насосно-компресорних труб на ділянках свердловин із геометричними недосконалостями» за актуальністю, науковим рівнем розроблення та практичним втіленням, необхідною кількістю публікацій та рівнем апробації повністю відповідає вимогам "Положення про присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р., а її автор Рачкевич Руслан Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості.

Підпис надійшов на спеціалізовану вчену раду Д 20.052.04 01.03.2018
Учений секретар ІФНТУНГ

Офіційний опонент, професор кафедри
Професійної та технологічної освіти
Дрогобицького державного педагогічного
університету ім. Івана Франка,
Міністерства освіти і науки України,
доктор технічних наук, професор _____ Яким Р. С.

Яким Р.С.